

**PENGARUH KEDALAMAN AIR TERHADAP TRANSMISI DAN REFLEKSI GELOMBANG PADA PEMECAH GELOMBANG KOMPOSIT BATU DAN BALOK KOTAK**M. Hasbi Sudirman<sup>1</sup>, F. Rabung<sup>2</sup>, S. Pongmanda<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** Vertical breakwater composite box beam and piling breakwater is designed to be perpendicular to the shoreline that are useful to protect coastal areas from erosion and abrasion caused by wave energy. This study aimed to determine the effect of water depth ( $h$ ) and wavelength ( $L$ ) and then analyze the parameters that affect the reflection coefficient, transmission coefficient, and the coefficient of power dissipation in the damper waves, as well as to compare the results of the parameters obtained between each depth. This research was conducted at the Laboratory of Hydraulics Engineering Universitas Hasanuddin. The method used an experimental model based on the scale used 1:30. Characteristics waves generated consisting of a variety of strokes and five variations of the period as well as three variations of the water depth. The reading of peaks and troughs is done electronically through the reading of the wave monitor. The results showed that the parameters that affect the reflection coefficient, transmission coefficient, and the coefficient of dissipation of the waves on the breakwater composite box beam and piling is the height of the incoming wave ( $H_i$ ), wave period ( $T$ ), the depth of water ( $h$ ), width stone filler ( $B$ ), and the porosity of the rock ( $n$ ).

**Keywords :** Reflection Coefficient ( $K_r$ ), Transmission Coefficient ( $K_t$ ), Loss Coefficient ( $K_l$ ).

**PENDAHULUAN**

Pemecah gelombang atau dalam bahasa Inggris *breakwater* adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang air laut dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus pantai dan untuk menenangkan gelombang di pelabuhan sehingga kapal dapat merapat di pelabuhan dengan lebih mudah dan cepat.

*Breakwater* atau pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama banyak digunakan pada perlindungan perairan pelabuhan, sedangkan tipe kedua banyak digunakan untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Pemecah gelombang tipe lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar dengan pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.

Bangunan ini berfungsi untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang yang dapat mengakibatkan erosi pada pantai. Perlindungan oleh pemecah gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan. Karena pemecah gelombang ini dibuat terpisah ke arah lepas pantai, tapi masih di dalam zona gelombang pecah (*breaking zone*). Maka bagian sisi luar pemecah gelombang memberikan perlindungan dengan meredam energi gelombang sehingga gelombang dan arus di belakangnya dapat dikurangi.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan pertimbangan pengembangan teknologi pemecah gelombang dan sebagai acuan penelitian-penelitian selanjutnya mengenai pemecah gelombang yang efisien dan ekonomis.

**METODE PENELITIAN****Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Kampus Teknik Gowa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan waktu penelitian selama tiga minggu.

Jenis penelitian yang digunakan adalah pemodelan fisik secara Eksperimental, yakni observasi dibawah kondisi buatan (*artificial condition*), dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh si peneliti dengan menggunakan skala model. Parameter yang diteliti adalah tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ), tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ), periode gelombang ( $T$ ) dan kedalaman air ( $h$ ).

**Perancangan Model**

Perancangan model peredam gelombang didasarkan pada beberapa spesifikasi sebagai berikut :

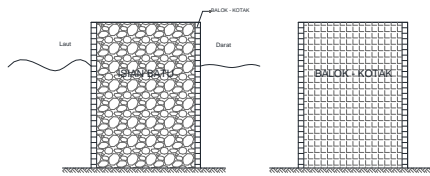
Berdasarkan pertimbangan fasilitas di laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan skala model 1:30.

Parameter-parameter berikut dipakai dalam percobaan ini:

- Kedalaman air ( $h$ ) : 20; 25; 30 cm
- Tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) : 6 – 15 cm
- Periode gelombang datang ( $T$ ) : 0,85; 1; 1,2; 1,5; 1,65 detik
- Panjang gelombang datang ( $L$ ) : 100 – 270 cm
- Lebar (batu pengisi) model ( $B$ ) : 10; 20; 30 cm
- Lebar dinding balok kotak ( $w$ ) : 4 cm
- Lebar total model ( $B + w$ ) : 18; 28; 38 cm
- Tinggi model ( $D$ ) : 40 cm
- Lebar balok-kotak model ( $d$ ) : 2,5 cm
- Ukuran batu pecah pengisi : 2 – 3 cm
- Berat rata-rata batu : 24,81 gram/unit
- Porositas batu : 0,55
- Berat isi butir batu ( $\rho_s$ ) : 2,64 gram/cm<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa, Jurusan Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar 90245, INDONESIA

<sup>2</sup>Dosen, Jurusan Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar 90245, INDONESIA



Gambar 1. Sketsa model pemecah gelombang komposit batu dan balok kotak

Lebar model disesuaikan dengan lebar saluran yang digunakan.

Tabel 1. Simulasi model

	Lebar model					Lebar model					Lebar model				
	B = 10 cm					B = 20 cm					B = 30 cm				
Kedalaman	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
d = 20 cm	0.85	1	1.2	1.5	1.65	0.85	1	1.2	1.5	1.65	0.85	1	1.2	1.5	1.65
Kedalaman	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
d = 25 cm	0.85	1	1.2	1.5	1.65	0.85	1	1.2	1.5	1.65	0.85	1	1.2	1.5	1.65
Kedalaman	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
d = 30 cm	0.85	1	1.2	1.5	1.65	0.85	1	1.2	1.5	1.65	0.85	1	1.2	1.5	1.65

\*(T = periode gelombang)

### Simulasi Model

Percobaan pendahuluan (tanpa model) dilakukan untuk mengetahui karakteristik gelombang model yang bisa dibangkitkan oleh peralatan yang ada. Dari percobaan pendahuluan ini diperoleh karakteristik gelombang yang dapat dibangkitkan yakni lima variasi periode (T) dan tiga variasi kedalaman air diatas model (h).

Percobaan dengan model dengan mula-mula meletakkan model ditengah-tengah saluran.

1. Atur tinggi muka air diam yang direncanakan ( $h = 20$  cm) dengan menggunakan mesin pompa pada *flume* hingga tercapai kedalaman yang ditentukan dan atur jarak pukulan pada flat menjadi stroke 7 serta mengatur variasi periode gelombang ( $T_1 = 0.85$  detik).
2. Nyalakan PC, wave monitor, dan eagle daq kemudian pasang masing-masing probe pada posisi yang telah ditentukan.
3. Kalibrasi masing-masing probe dengan kedalaman air yang sudah ditentukan.
4. Setelah semua komponen siap, *running* dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang.
5. Pembacaan tinggi gelombang di depan dan di belakang model diperoleh dari hasil pembacaan masing – masing probe, yang kemudian mengirim hasil rekamannya ke PC.
6. Setelah selesai, periode kemudian diubah menjadi  $T_2 = 1$ ,  $T_3 = 1.2$ ,  $T_4 = 1.5$ ,  $T_5 = 1.65$ .
7. Prosedur ke-2 sampai ke-6 dilakukan kembali untuk variasi kedalaman  $h_2 = 25$  cm dan  $h_3 = 30$  cm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Hasil penelitian dari seluruh kegiatan eksperimen yang telah dilakukan di laboratorium akan dipaparkan sebagai berikut.

#### Panjang gelombang

Penentuan nilai besaran panjang gelombang dapat diketahui melalui pengukuran dengan dua probe, dengan cara mempertemukan puncak gelombang di tiap probe lalu jarak dari hasil pertemuan probe tersebut merupakan panjang.

Dari hasil penelitian di tiap titik pengamatan akan diperoleh nilai tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan tinggi gelombang minimum ( $H_{min}$ ).

Tabel 2. Pengamatan tinggi gelombang kedalaman 20 cm pemecah gelombang

No	d (m)	B/w	M	W	n (%)	B (cm)	T (dt)	Str	L (cm)	H max (cm)	H min (cm)
1	20	2.5	2	4	55	10	0.85	7	100	9.388	4.54
2	20	2.5	2	4	55	10	1	7	124	11.94	4.937
3	20	2.5	2	4	55	10	1.2	7	156	7.166	2.212
4	20	2.5	2	4	55	10	1.5	7	186	8.985	2.462
5	20	2.5	2	4	55	10	1.65	7	215	6.115	2.53
6	20	5	2	4	55	20	0.85	7	100	11.71	6.1
7	20	5	2	4	55	20	1.2	7	156	8.984	6.15
8	20	5	2	4	55	20	1.5	7	186	6.648	2.176
9	20	5	2	4	55	20	1.65	7	215	7.842	5.011
10	20	7.5	2	4	55	30	0.85	7	100	13.8	4.089
11	20	7.5	2	4	55	30	1	7	124	12.08	3.674
12	20	7.5	2	4	55	30	1.2	7	156	10.16	3.023
13	20	7.5	2	4	55	30	1.5	7	186	9.008	2.598
14	20	7.5	2	4	55	30	1.65	7	215	9.057	2.535

### Refleksi, Transmisi, dan Disipasi

Gelombang yang membentur suatu penghalang akan membentuk gelombang berdiri, dimana gelombang datang dan gelombang pantul menyatu, sehingga untuk memperoleh tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) digunakan persamaan:

$$H_i = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \dots\dots\dots(5)$$

Dan

$$H_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

$H_{max}$  : tinggi gelombang maksimum

$H_{min}$  : Tinggi gelombang minimum

Sedangkan untuk gelombang transmisi digunakan persamaan:

$$H_t = \frac{H_{t \max} + H_{t \min}}{2} \dots\dots\dots(7)$$

Menurut Horikawa, energi yang didisipasikan merupakan besarnya energi gelombang datang dikurangi dengan energi gelombang pantul dan energi gelombang transmisi

$$Kel = 1 - K_t^2 - K_r^2 \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

$K_{el}$  : Koefisien energy lose

Sebagai contoh perhitungan digunakan data T1-d1 pada model pemecah gelombang tanpa pori

Contoh :

$$H_{max} = 9.388 ; H_{min} = 4.540$$

$$H_i = \frac{9.388 + 4.540}{2} = 6.964 \text{ cm}$$

$$H_r = \frac{9.388 - 4.540}{2} = 2.423 \text{ cm}$$

$$H_t = 1.582 \text{ cm}$$

$$K_t = \frac{1.58}{6.96} = 0,227 ; K_r = \frac{2.423}{6.964} = 0,348$$

$$Kel = 1 - 0,227^2 - 0,348^2 = 0,827$$

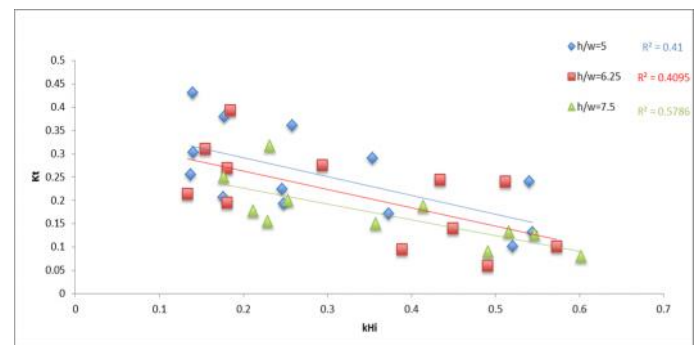
Perhitungan tinggi gelombang datang, tinggi gelombang disipasi dan koefisien disipasi gelombang untuk berbagai model pemecah gelombang dilakukan dengan cara yang sama.

Tabel 3. Hasil perhitungan  $K_r$ ,  $K_t$ , dan  $K_{el}$  (kedalaman 20cm

Kedalaman d (m)	Porositas n (%)	Periode T (dt)	Panjang Gelombang ng	H max (cm)	H min (cm)	Ht (cm)	Hr (cm)	Hi (cm)	Ct (cm)	Cr (cm)	Cl (cm)
20	4	55	0.85	100	12.17155	5.03952	2.071685	3.566017	8.605538	0.240739	0.414386
20	4	55	1	124	10.03345	3.941494	2.033385	3.045977	6.98747	0.291004	0.43592
20	4	55	1.2	156	9.550715	3.274304	2.311632	3.138206	6.412508	0.360488	0.489388
20	4	55	1.5	186	7.752499	2.754503	1.996361	2.499223	5.253726	0.37999	0.475705
20	4	55	1.65	215	7.224447	2.342638	2.062714	2.440904	4.783543	0.431213	0.510271
25	4	55	0.85	108	10.6852	6.922186	2.11691	1.881506	8.803692	0.240452	0.213718
25	4	55	1	133	11.80705	6.486847	2.240505	2.705103	9.191949	0.243748	0.294229
25	4	55	1.2	168	10.37485	5.308371	3.134376	2.53324	7.841611	0.399711	0.323051
25	4	55	1.5	225	9.065211	4.137041	2.597577	2.464085	6.601126	0.393505	0.373283
25	4	55	1.65	250	8.317872	3.990719	1.914871	2.163576	6.154296	0.311144	0.351555
30	4	55	0.85	109	16.79019	6.352183	2.995328	5.219006	11.57119	0.258861	0.451035
30	4	55	1	135	16.93039	6.245206	2.775364	5.342591	11.5878	0.239507	0.461053
30	4	55	1.2	171	16.46404	5.405988	3.831411	5.383925	11.02451	0.347536	0.488359
30	4	55	1.5	240	13.90853	3.764885	2.804281	5.071823	8.836709	0.317344	0.573949
30	4	55	1.65	270	12.16966	3.00424	1.897371	4.582708	7.586949	0.250084	0.604025
20	4	55	0.85	100	12.39051	4.93464	1.135133	3.727937	8.662577	0.131039	0.43035
20	4	55	1	124	10.82944	3.882372	1.25707	3.473535	7.355907	0.170893	0.47221
20	4	55	1.2	156	9.216682	3.01295	1.369943	3.01866	6.114816	0.224037	0.507271
20	4	55	1.5	186	8.05486	2.314479	1.17353	2.870504	5.184983	0.26333	0.553619
20	4	55	1.65	215	7.618833	1.97972	1.457189	2.818056	4.797776	0.303722	0.587367
25	4	55	0.85	108	13.01729	6.674253	0.994097	3.171519	9.845772	0.100967	0.32212
25	4	55	1	133	12.84909	6.189854	1.328186	3.329618	9.519472	0.139523	0.349769
25	4	55	1.2	168	10.78198	4.945734	2.172308	2.918124	7.863857	0.276239	0.37108
25	4	55	1.5	225	9.134855	3.818179	1.748302	2.658338	6.476517	0.269945	0.410458
25	4	55	1.65	250	7.274692	3.349197	1.138322	1.962748	5.311945	0.214295	0.369497
30	4	55	0.85	109	13.8644	5.117322	2.07762	4.37354	9.490862	0.127255	0.469816
30	4	55	1	135	16.0563	6.13325	1.477678	4.961526	11.09478	0.133187	0.447135
30	4	55	1.2	171	17.0433	5.529903	2.117406	5.756699	11.2866	0.187604	0.510047
30	4	55	1.5	240	14.84404	4.517	1.93562	5.163522	9.680522	0.19995	0.533393
30	4	55	1.65	270	14.16679	4.019877	1.614065	5.073458	9.093335	0.1775	0.557931
20	4	55	0.85	100	11.60595	4.961561	0.833584	3.322192	8.283754	0.100629	0.401049
20	4	55	1	124	10.4518	3.938343	0.963654	3.256726	7.195069	0.133933	0.452633
20	4	55	1.2	156	9.019871	3.910273	1.363054	2.554799	6.465072	0.195366	0.395169
20	4	55	1.5	186	8.17927	2.239623	1.075843	2.969823	5.209447	0.206518	0.570084
20	4	55	1.65	215	7.607953	1.782742	1.19774	2.912605	4.695348	0.255091	0.620317
25	4	55	0.85	108	10.42393	6.459745	0.506726	1.982095	8.44184	0.060026	0.234794
25	4	55	1	133	10.45853	6.018824	0.778398	2.21985	8.238675	0.094481	0.269443
25	4	55	1.2	168	10.2398	5.037544	3.044063	2.60113	7.638674	0.398507	0.340521
25	4	55	1.5	225	9.019871	3.910273	1.363054	2.554799	6.465072	0.195366	0.395169
25	4	55	1.65	250	8.17927	2.239623	1.075843	2.969823	5.209447	0.206518	0.570084
30	4	55	0.85	109	15.14951	5.748501	0.832438	4.700504	10.44901	0.079667	0.449852
30	4	55	1	135	15.67835	5.448625	0.95568	5.114861	10.56349	0.09047	0.484202
30	4	55	1.2	171	14.86833	4.505089	1.45659	5.138871	9.72946	0.149709	0.528176
30	4	55	1.5	240	13.5524	3.966866	1.361892	4.792766	8.759631	0.155474	0.547142
30	4	55	1.65	270	12.57068	3.732523	1.239771	4.41908	8.151604	0.152089	0.542112

Pada penelitian ini, terdapat 2 jenis variasi yakni pada kedalaman air dan periode gelombang. Pada variasi kedalaman air digunakan kedalaman 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Untuk variasi periode gelombang digunakan periode 0.85 dt, 1 dt, 1.2 dt, 1.5 dt dan 1.65 dt. Pembahasan dari hasil penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut

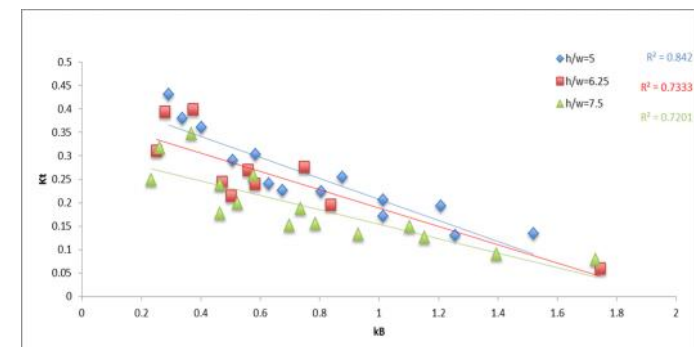
Hubungan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan tinggi gelombang datang ( $kH_i$ ), panjang gelombang ( $L$ ) dan kedalaman air ( $h$ )



Gambar 2. Hubungan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan tinggi gelombang datang ( $kH_i$ ), panjang gelombang ( $L$ ) dan kedalaman air ( $h$ )

Dari gambar di atas memperlihatkan hubungan antara koefisien transmisi  $K_t$  dengan tinggi gelombang datang  $H_i$  dalam bentuk  $kH_i$  ( $kH_i=2 H_i/L$ ) pada saat perbandingan kedalaman air adalah 20 cm, 25 cm, dan 30 untuk masing-masing porositas batu ( $n$ ) 0.45. Gambar ini memperlihatkan bahwa koefisien transmisi  $K_t$  berkurang saat  $kH_i$  bertambah sampai  $K_t = 0,05$ . Ini berarti bahwa pemecah gelombang ini memperkecil tinggi gelombang datang sampai 95%. Gambar-gambar itu juga secara konsisten memperlihatkan bahwa saat nilai  $kH_i$  bertambah maka nilai  $K_t$  akan semakin kecil. Fenomena ini dapat disebabkan oleh bertambah pendeknya gelombang, kecepatan dan percepatan partikel air tiba-tiba berubah dan turbulensi yang diakibatkan oleh perubahan tiba-tiba ini menyebabkan hilangnya energi gelombang.

Hubungan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan lebar batu pengisi ( $kB$ ), panjang gelombang ( $L$ ) dan kedalaman air ( $h$ )

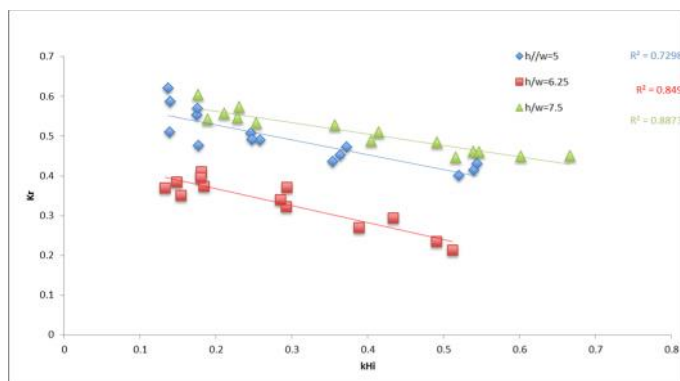


Gambar 3. Hubungan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan lebar batu pengisi ( $kB$ ), panjang gelombang ( $L$ ) dan kedalaman air ( $h$ )

Dari gambar 3 memperlihatkan hubungan antara koefisien transmisi  $K_t$  dengan lebar pengisi batu B dalam bentuk  $kB$  ( $kh=2 B/L$ ) pada saat perbandingan kedalaman air ( $h$ ) adalah 20 cm, 25 cm, dan 30 cm untuk masing-masing porositas batu ( $n$ ) 0.45. Gambar ini memperlihatkan bahwa koefisien transmisi  $K_t$  berkurang saat  $kB$  bertambah sampai  $K_t = \pm 0,05$ . Ini berarti bahwa pemecah gelombang ini memperkecil transmisi gelombang datang sampai 95%. Gambar-gambar itu juga secara konsisten memperlihatkan bahwa saat lebar batu

pemecah gelombang (B) bertambah atau panjang gelombang (L) berkurang maka nilai  $K_t$  akan semakin kecil. Sama seperti di atas fenomena ini dapat disebabkan oleh dua hal. Pertama, bertambahnya lebar batu B menyebabkan bertambahnya gesekan antara permukaan batu dengan gelombang yang ditransmisikan, sehingga menyebabkan lebih banyak kehilangan energi gelombang. Kedua, dengan bertambah pendeknya gelombang, kecepatan dan percepatan partikel air tiba-tiba berubah dan turbulensi yang diakibatkan oleh perubahan tiba-tiba ini menyebabkan hilangnya energi gelombang.

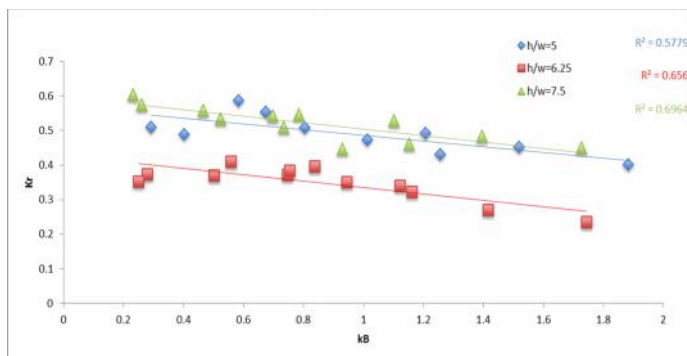
*Hubungan koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan tinggi gelombang datang ( $kH_i$ ), panjang gelombang (L) dan kedalaman air (h)*



Gambar 4. Hubungan koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan tinggi gelombang datang ( $kH_i$ ), panjang gelombang (L) dan kedalaman air (h)

Dari Gambar 4. menunjukkan hubungan antara koefisien refleksi  $K_r$  dengan tinggi gelombang datang  $H_i$  dalam bentuk  $kH_i$  pada saat perbandingan kedalaman air (h) adalah 20 cm, 25 cm dan 30 cm untuk masing-masing porositas batu (n) 0.45. Terlihat bahwa  $K_r$  sedikit lebih efektif dengan bertambahnya  $H_i$  tetapi tidak signifikan. Perbedaan mencolok terlihat pada kedalaman air 25 cm, pada kedalaman ini  $K_r$  h = 25 lebih kecil dibandingkan kedalaman air 20 cm dan 30 cm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengaruh tingginya gelombang datang  $H_i$  terhadap gelombang refleksi  $H_r$  pada sistem pemecah gelombang ini relatif stabil

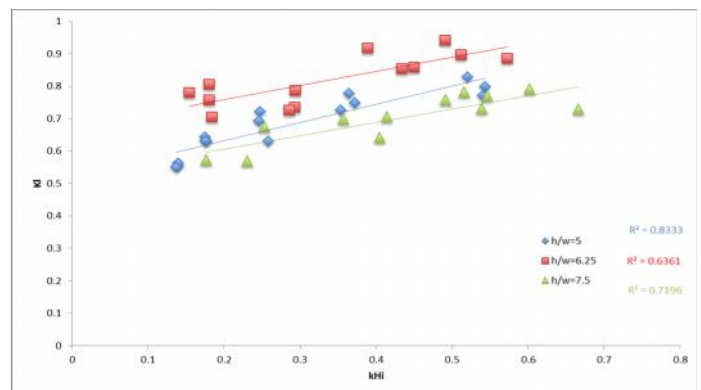
*Hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan lebar pengisi batu ( $kB$ ), panjang gelombang (L) dan kedalaman air (h)*



Gambar 5. Hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan lebar pengisi batu ( $kB$ ), panjang gelombang (L) dan kedalaman air (h)

Gambar.5 menunjukkan hubungan antara koefisien refleksi  $K_r$  dengan lebar batu pengisi B dalam bentuk  $kB$  ( $kH=2 B/L$ ) pada saat perbandingan kedalaman air h adalah 20 cm, 25 cm dan 30 cm untuk porositas batu (n) 0.45. Gambar ini memperlihatkan bahwa koefisien refleksi  $K_r$  berkurang saat  $kB$  bertambah, namun tidak terlalu signifikan. Terlihat bahwa  $K_r$  sedikit lebih efektif dengan bertambahnya B. Demikian pula pengaruh perubahan h tetapi pada nilai kedalaman 25 cm nilai  $K_r$  lebih kecil dibanding kedalaman yang lain, ini menunjukkan bahwa ada nilai optimum h sehingga penentuan posisi pemecah gelombang ini sangat berpengaruh pada letak kedalamannya untuk mendapatkan efektifitas refleksi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengaruh lebar batu pengisi B terhadap gelombang refleksi  $H_r$  pada sistem pemecah gelombang ini relatif stabil

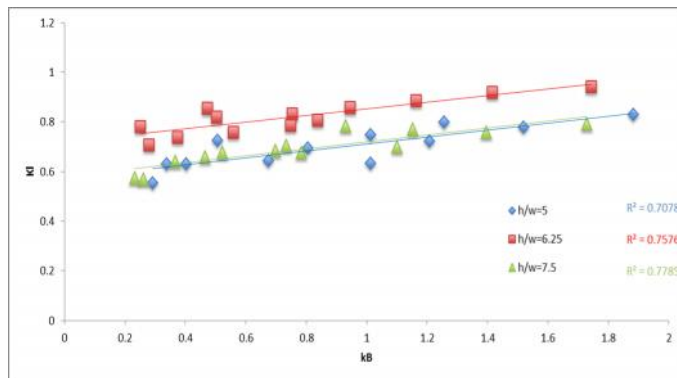
*Hubungan antara koefisien kehilangan energi (Kl) dengan tinggi gelombang datang ( $kH_i$ ), panjang gelombang (L) dan kedalaman air (h)*



Gambar 6. Hubungan  $K_t$  dengan  $H_i/L$  pemecah gelombang blok beton berpori

Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara koefisien kehilangan energi  $K_l$  dengan tinggi gelombang datang  $H_i$  dalam bentuk  $kH_i$  ( $kH_i=2 H_i/L$ ) pada saat perbandingan kedalaman air h adalah 20 cm, 25 cm dan 30 cm untuk porositas batu (n). Gambar ini memperlihatkan bahwa koefisien kehilangan energi  $K_l$  bertambah saat  $kH_i$  bertambah. Hal ini memverifikasi hasil-hasil terdahulu tentang nilai-nilai koefisien transmisi  $K_t$  dan koefisien refleksi  $K_r$ , yaitu bahwa semakin efektif pemecah gelombang meredam transmisi dan refleksi gelombang berarti semakin besar energi gelombang yang terserap dalam batuan pengisi pemecah gelombang. Gambar itu juga menunjukkan nilai  $K_l$  pada kedalaman 25 cm lebih besar dibanding kedalaman 20 cm dan 30 cm, artinya penentuan posisi yang sesuai pada pemecah gelombang ini dapat mempengaruhi kinerja yang maksimal terhadap  $K_l$  dari gelombang yang datang. Fenomena di atas dapat disebabkan oleh bertambah pendeknya gelombang, kecepatan dan percepatan partikel air tiba-tiba berubah dan turbulensi yang diakibatkan oleh perubahan tiba-tiba ini menyebabkan hilangnya energi gelombang.

*Hubungan antara koefisien kehilangan energi (Kl) dengan lebar pengisi batu ( $kB$ ), panjang gelombang (L) dan kedalaman air (h)*



Gambar 7. Hubungan antara koefisien kehilangan energi ( $K_L$ ) dengan lebar pengisi batu ( $k_B$ ), panjang gelombang ( $L$ ) dan kedalaman air ( $h$ )

Gambar 7 memberikan hubungan antara koefisien kehilangan energi  $K_L$  dengan lebar pengisi batu  $B$  dalam bentuk  $k_B$  ( $k_B = 2 \cdot B/L$ ) pada saat perbandingan kedalaman air  $h$  adalah 20 cm, 25 cm dan 30 cm untuk porositas batu ( $n$ ) konstan 0,34. Gambar ini juga memperlihatkan bahwa koefisien kehilangan energi  $K_L$  bertambah saat  $k_B$  bertambah. Hal ini memverifikasi hasil-hasil terdahulu tentang nilai-nilai koefisien transmisi  $K_t$  dan koefisien refleksi  $K_r$ , yaitu bahwa semakin efektif pemecah gelombang meredam transmisi dan refleksi gelombang berarti semakin besar energi gelombang yang terserap dalam batuan pengisi pemecah gelombang. Gambar itu juga menunjukkan nilai  $K_L$  pada kedalaman 25 cm lebih besar dibanding kedalaman 20 cm dan 30 cm, artinya penentuan posisi yang sesuai pada pemecah gelombang ini dapat mempengaruhi kinerja yang maksimal terhadap  $K_L$  dari gelombang yang datang. Gambar itu juga memperlihatkan bahwa saat lebar batu pemecah gelombang  $k_B$  bertambah maka nilai  $K_L$  juga akan semakin besar karena semakin banyak kehilangan energi  $E_L$  terhadap energi semula  $E_i$ . Sama seperti di atas fenomena ini dapat disebabkan oleh dua hal. Pertama, bertambahnya lebar batu  $B$  menyebabkan bertambahnya gesekan antara permukaan batu dengan gelombang yang ditransmisikan, sehingga menyebabkan lebih banyak kehilangan energi gelombang. Kedua, dengan bertambah pendeknya gelombang, kecepatan dan percepatan partikel air tiba-tiba berubah dan turbulensi yang diakibatkan oleh perubahan tiba-tiba ini menyebabkan hilangnya energi gelombang.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh kedalaman air ( $h$ ) terhadap nilai transmisi pemecah gelombang memperlihatkan hasil semakin besar kedalaman air maka semakin kecil nilai transmisi yang dihasilkan.
2. Pengaruh kedalaman air ( $h$ ) terhadap nilai refleksi pemecah gelombang memperlihatkan hasil untuk kedalaman  $h=20$  cm dan  $h=30$  cm perubahannya tidak terlalu signifikan, namun berbeda pada kedalaman  $h=25$  cm yang nilai refleksinya meningkat secara signifikan.

### Saran

1. Variasi tambahan terhadap kedalaman air dan model pemecah gelombang blok beton dengan bentuk desain pori berbeda.
2. Variasi jarak antar blok per panjang gelombang lebih diperbanyak, hingga didapatkan titik balik nilai  $K_t$  per satuan ( $x/L$ ).

## DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, Azwar. 2012. Studi Disipasi dan Run-up/Run-down Gelombang Peredam Gelombang Sisi Miring Perforasi Vertikal. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Ariyaratne. 2007. Efficiency of Perforated Breakwater And Associated Energy Dissipation. Texas A&M University. Texas.
- Dean, R.G. Dalrymple, R.A. 2000. Water Wave Mechanics For Engineer and Scientists. World Scientific. Singapore.
- Horikawa, K. 1978. Dirgayusa. 1997 Coastal Engineering. University Of Tokyo Press. Tokyo.
- SDC-R-90163, (2009), Manual Design Bangunan Pengaman Pantai, Sea Defence Consultants, Indonesia.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. Pelabuhan. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yuwono, Nur. 1996. Perencanaan Model Hidraulik. Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.